

**ÍNDICE MATERIAS OBLIGATORIAS**

**CUARTO PERÍODO**

<b>CÓDIGO-ORE</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MATERIA</b>	<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>Páginas</b>
5000	IMT200	Resistencia de Materiales	Tecnología y Diseño	2
5001	IMT201	Dibujo Mecánico	Tecnología y Diseño	3

**QUINTO PERÍODO**

5006	IMT202	Mecánica de Materiales	Tecnología y Diseño	4
5002	IMC200	Mecánica de Fluidos	Ciencias Térmicas	5
5003	IMC201	Termodinámica I	Ciencias Térmicas	6
5007	IMT203	Metalurgia I	Tecnología y Diseño	7

**SEXTO PERÍODO**

5008	IMC202	Termodinámica II	Ciencias Térmicas	9
5011	IMT204	Elementos de Máquinas I	Tecnología y Diseño	9-10
5012	IMT205	Tecnología Mecánica I	Tecnología y Diseño	11
5014	IMEE01	Elementos de Ing. Eléctrica	Circuitos-Potencia	12
5013	IMT206	Metalurgia II	Tecnología y Diseño	13

**SÉPTIMO PERÍODO**

5014	IMT207	Elementos de Máquinas II	Tecnología y Diseño	14
5021	IMT208	Tecnología Mecánica II	Tecnología y Diseño	15
5017	IMC203	Transferencia de Calor	Ciencias Térmicas	16
5018	IMC204	Conversión de Energía	Ciencias Térmicas	17
5022	IMT209	Producción	Tecnología y Diseño	18

**OCTAVO PERÍODO**

5027	IMT301	Tecnología Mecánica III	Tecnología y Diseño	19
5028	IMC205	Turbomáquinas	Ciencias Térmicas	20
5024	IMC206	Teoría de Control	Ciencias Térmicas	21-22
5025	IMT210	Ingeniería Económica	Tecnología y Diseño	23-24

**NOVENO PERÍODO**

5030	IMC301	Refrig. y Aire Acondicionado	Ciencias Térmicas	25-26
5031	IMT303	Producción II	Tecnología y Diseño	27

**DÉCIMO PERÍODO**

5035	IMC302	Centrales Termoeléctricas	Ciencias Térmicas	28
5036	IMC303	Instrumentación	Ciencias Térmicas	29-30

# P E N S U M O

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. DE TECNOLOGÍA Y DISEÑO

PROGRAMA	<b>RESISTENCIA DE MATERIALES</b>
CÓDIGO	IMT200
PERÍODO	CUARTO
PRELACIONES	IMMR10
HORAS TEÓRICAS SEMANALES	5
HORAS PRÁCTICAS SEMANALES	2
UNIDADES	6

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO:

**TEMA I:** Elasticidad. Definición de esfuerzo y deformación. Diagrama esfuerzo-deformación. Ley de Hooke. Deformación por temperatura. Problemas hiperestáticos.

**TEMA II:** Estudio de esfuerzos en una dirección cualquiera, de miembros sometidos a un estado de esfuerzo uniaxial. Estudio de esfuerzos en una dirección cualquiera de miembros sometidos a estado de esfuerzo biaxial. Círculo de Mohr. Cilindros y esferas de paredes delgadas. Relación de Poisson. Estudio de deformación en miembros bajo un estado de esfuerzo uniaxial. Estudio de deformaciones en miembros bajo un estado de esfuerzo biaxial. Esfuerzo cortante puro. Miembros sometidos a corte directo.

**TEMA III:** Relación entre carga, corte y momento. Diagrama de corte y momento en vigas y pórticos simples. Esfuerzos por flexión en vigas. Esfuerzos por corte en vigas. Esfuerzos principales. Centro de corte.

**TEMA IV:** Ecuación diferencial de la elástica. Deflexión por doble integración. Construcción de diagramas de momento por partes. Deflexión por área momento. Deflexión por viga conjugada. Deflexión por superposición.

**TEMA V:** Resolución de vigas hiperestáticas a través de métodos convencionales (Área momento, Método de giros y Superposición). Teorema de los tres momentos. Resolución de pórticos sin desplazamientos.

**TEMA VI:** Torsión simple Esfuerzo cortante por torsión. Resolución de casos hiperestáticos. Esfuerzos combinados.

**TEMA VII:** Columnas. Carga excéntrica en una barra corta Núcleo de sección. Columnas largas. Fórmula de Euler. Fórmula de la secante. Fórmulas empíricas

# P E N S U M O

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. DE TECNOLOGÍA Y DISEÑO

PROGRAMA	<b>DIBUJO MECÁNICO</b>
CÓDIGO	IMT201
PERÍODO	CUARTO
PRELACIONES	IMSR20
HORAS TEÓRICAS SEMANALES	1
HORAS PRÁCTICAS SEMANALES	2
UNIDADES	2

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO

**TEMA I:** Introducción al Dibujo de Máquinas: Normalización. Dibujo instrumental. Tipos de letras, números, líneas, escalas, formatos y rotulados.

**TEMA II:** Proyecciones ortogonales en sistemas DIN y ASA. Elementos básicos de acotación (líneas de cota, líneas auxiliares, etc.).

**TEMA III:** Vistas auxiliares. Secciones (cortes) en general. Sistemas DIN y ASA: Corte completo quebrado, sesgado, girado, desplazado. Representación gráfica de los materiales en las secciones (hachurados).

**TEMA IV:** Simbología de acotación: Números de cota, diámetros, radios, cuadrados, esferas, conos. Adelgazamiento e inclinación, cruz diagonal. Disposición de las cotas, arcos y ángulos en sistema DIN.

**TEMA V:** Elementos de sujeción removibles: chavetas, pasadores, varillas roscadas (prisioneros), pernos, tornillos y tuercas. Tipos de roscas, arandelas planas, de seguridad, de muelle, elásticas, de fieltro, de retención y de cierre, anillos y/o retención (retenes). Tornillería normalizada. Remaches.

**TEMA VI:** Elementos de sujeción fijos. Soldadura por fusión en sistemas DIN y ASA. Tipos de juntas. Grupos de cordones (a tope, frontal y angular). Símbolos adicionales, representación gráfica y simbólica en sección y vista.

**TEMA VII:** Órganos flexibles. Resortes y muelles: representación y símbolos. Cálculo, selección, dimensionamiento y representación de transmisiones mediante poleas-correas.

**TEMA VIII:** Transmisiones mediante cadenas: cálculo, selección, dimensionamiento y acotación de ruedas para cadenas de rodillo.

**TEMA IX:** Engranajes cilíndricos rectos. Cálculo dimensional. Módulo, trazado, acotación del perfil del diente del sistema evolvente exacto. Terminología métrica.

**TEMA X:** Transmisiones por engranajes cónicos y de tornillo sin fin-corona. Nomenclatura y trazado del perfil en sección de un engrane dado.

**TEMA XI:** Ajustes y tolerancias, grados de rugosidad y símbolos de acabado superficial. Sistema DIN. Concepto, aplicación, tipos y sistemas. Eje único y agujero único.

**TEMA XII:** Símbolos para instalaciones de tubería en sistemas DIN y ASA. Vistas ortogonales e isométricas.

**TEMA XIII:** Desarrollo de superficies. Elemento truncado, unión de tuberías a 90° y 45°, básicos, cilindro, cono, cono piezas de transición y ductería.

# P E N S U M I

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. DE TECNOLOGÍA Y DISEÑO

PROGRAMA	<b>MECÁNICA DE MATERIALES</b>
CÓDIGO	IMT202
PERÍODO	QUINTO
PRELACIONES	IMT200
HORAS TEÓRICAS SEMANALES	4
HORAS PRÁCTICAS SEMANALES	1
HORAS LABORATORIO SEMANALES	1
UNIDADES	5

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO

**TEMA I:** Introducción. Estudio de la curva Esfuerzo-Deformación. Esfuerzo de deformación en el rango elástico y rango plástico para materiales dúctiles y frágiles. Dureza. Tipo de fractura para materiales frágiles y dúctiles. Problemas y aplicaciones. Ensayo de Tracción. Ensayo de compresión. Ensayo de dureza.

**TEMA II:** Breves estudios sobre tensores de esfuerzos y deformaciones. Ecuaciones de compatibilidad en casos estáticos. Esfuerzos de contacto. Concentración localizada de esfuerzos. Teoría de Hertz. Problemas.

**TEMA III:** Torsión. Secciones circulares. Torsión en resortes helicoidales Secciones macizas (rectangular, elíptica, triangular y otras). Analogía de la membrana. Secciones abiertas delgadas. Secciones cerradas delgadas, simples y complejas. Problemas.

**TEMA IV:** Teoría de fallas. Diseño de elementos sometidos a esfuerzos en el espacio y en el plano (casos particulares de torsión, flexión y carga axial). Problemas.

**TEMA V:** Fatiga y Creep: a) Fatiga en metales. Curvas para determinar el esfuerzo en base al número de ciclos a que va estar sometido el elemento. b) Creep en metales. Problemas

**TEMA VI:** Impacto. Cálculo de esfuerzos y deformaciones por impacto. Factor de carga. Carga equivalente. Práctica de impacto. Problemas.

**TEMA VII:** Análisis experimental de esfuerzos y deformaciones: Instrumentos. Uso de bandas extensométricas. Roseta de deformaciones. Principios de fotoelasticidad. Práctica.

**TEMA VIII:** Principio de trabajo virtual. Cuerpos deformables. Cuerpos no deformables. Primer teorema de Castigliano Problemas.

**TEMA IX:** Aplicaciones en casos particulares: a) Elementos curvos. b) Placas planas, rectangulares, circulares, etc. Aplicaciones. c) Cilindros de pared gruesa y aplicaciones. Problemas.

# P E N S U M I

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. DE CIENCIAS TÉRMICAS

PROGRAMA	<b>MECÁNICA DE LOS FLUIDOS</b>
CODIGO	IMC200
PERIODO	QUINTO
PRELACIONES	IMMR20 – IMMT 40
HORAS TEÓRICAS SEMANALES	3
HORAS PRÁCTICAS SEMANALES	2
UNIDADES	4

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO:

**TEMA I:** Propiedades de los Fluidos: Definiciones. Propiedades. Sistemas de unidades. Gases ideales. Tensión superficial.

**TEMA II:** Estática de Fluidos: presión en un punto. Ecuación fundamental de hidrostática. Medición de presión. Fuerza sobre superficies sumergidas. Flotación y estabilidad. Equilibrio relativo.

**TEMA III:** Conceptos y Ecuaciones Básicas del Movimiento de Fluidos: Sistema. Volúmen de Control reversibilidad y tipos de flujo. Trayectoria, línea de flujo y traza. Ecuación de continuidad. Ecuación de Euler y Bernoulli. Ecuación de energía. Ecuaciones de cantidad de movimiento lineal y angular.

**TEMA IV:** Análisis Dimensional y Si mil andad: Homogeneidad dimensional. Relaciones adimensionales. Teorema Pi. Importancia de algunos parámetros adimensionales. Similaridad y modelos

**TEMA V:** Efectos viscosos: Flujo laminar entre placas paralelas, tubos circulares y espacios anulares. Número de Reynolds. Longitud de mezcla y distribución de velocidad en flujo turbulento en ductos abiertos y cerrados. Flujo estable incompresible en tuberías. Lubricación.

**TEMA VI:** Flujo compresible: Velocidad del sonido. Número de Mach. Flujo isentrópico. Ondas de choque. Líneas de Fanno y Rayleigh. Flujo adiabático viscoso. Flujo no viscoso con transferencia de calor. Flujo isotérmico estable.

**TEMA VII:** Flujo ideal: Ecuación de Euler. Flujo irrotacional. Potencial de velocidad. Función de corriente y condiciones de contorno. Redes de flujo bidimensionales.

**TEMA VIII:** Aplicaciones de flujo estable en ductos: Líneas hidráulicas y energéticas. Tuberías en serie y paralelo. Ramificaciones. Circuitos hidráulicos.

**TEMA IX:** Aplicaciones de flujo inestable en ductos: Golpe de ariete.

# P E N S U M O

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. DE CIENCIAS TÉRMICAS

PROGRAMA	<b>TERMODINÁMICA I</b>
CÓDIGO	IMC201
PERÍODO	QUINTO
PRELACIONES	IMFI21 - IMMT40
HORAS TEÓRICAS SEMANALES	3
HORAS PRÁCTICAS SEMANALES	2
UNIDADES	4

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO:

**TEMA I:** Conceptos y definiciones: Sistema y volumen de control Propiedades, estado y proceso. Sistemas de Unidades. Volumen específico, presión, ley cero de la Termodinámica, escalas de temperatura.

**TEMA II:** Propiedades de una sustancia pura. Fases de equilibrio. Propiedades independientes. Ecuaciones de Estado. Tablas de Propiedades. Superficies Termodinámicas.

**TEMA III:** Trabajo y Calor. Unidades. Trabajo en un sistema compresible simple. Otras formas de trabajo. Calor.

**TEMA IV:** Primera Ley de la Termodinámica para Sistemas. Procesos cíclicos. Procesos abiertos. Energía Interna. Conservación de masa.

**TEMA V:** Primera Ley de la Termodinámica para Volúmenes de Control. Conservación de masa y energía Procesos de estado estable y uniforme. Calores específicos y coeficiente de Joule Thompson. Proceso cuasi equilibrio.

**TEMA VI:** Gases ideales. Energía interna. Entalpía. Calores específicos. Primera Ley de la Termodinámica.

**TEMA VII:** Entropía. Entropía como propiedad. Relaciones TdS. Cambio de entropía en procesos abiertos irrevocables. Trabajo perdido, irreversibilidad y disponibilidad. Segunda Ley para volúmenes de control. Cambio de entropía en gases ideales. Principio de incremento en entropía. Eficiencia.

# P E N S U M O

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. TECNOLOGÍA Y DISEÑO

PROGRAMA:	<b>METALURGIA I</b>
CÓDIGO:	IMT203
PERÍODO:	QUINTO
PRELACIONES:	IMFI21 – IMQI11
HORAS TEÓRICAS SEMANALES:	3
HORAS LABORATORIO SEMANALES:	1
UNIDADES:	3

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO

**TEMA I:** Generalidades Definición general de la Metalurgia. La Metalurgia como arte y como ciencia. La Metalurgia y el Ingeniero. División de la Metalurgia.

**TEMA II:** Estructura de los metales. Concepto de metal. Estado metálico de la materia. Enlace en sólidos. Difusión. Solidificación de los metales. Estructura cristalina, red espacial, celda unidad, direcciones y planos cristalinos, índice de Miller. Número de Coordinación. Alotropismo y Polimorfismo. Noción de Anisotropía. Estado Policristalino Defectos de las estructuras cristalinas (imperfecciones cristalinas), defectos puntuales, defectos lineales, defectos superficiales.

**TEMA III:** Deformación de los metales. Deformación elástica. Deformación plástica de monocristales, deslizamiento y maclaje. Deformación plástica de metales policristalinos. Textura.

**TEMA IV:** Propiedades de los metales. Propiedades mecánicas: resistencia, elasticidad, ductilidad, cedencia, dureza, tenacidad y resiliencia. Ensayos mecánicos: Ensayos de tracción, ensayos de torsión, ensayos de dureza. Fatiga de los metales. Fluencia lenta (CREEP). Ensayos de impacto. Procesos de conformado de metales: Forja, laminación, estrusión, estirado, trefilado.

**TEMA V:** Recocido de regeneración: Trabajo en frío. Propiedades de los metales deformados en frío. Etapas del recocido: Recuperación o restauración, recristalización y crecimiento de grano Temperatura de recristalización. Tamaño del grano. Crecimiento del grano. Influencia del trabajo en frío y del recocido sobre las propiedades mecánicas. Trabajo en caliente.

**TEMA VI:** Constitución de las aleaciones. Introducción. Aleación, fases, mezclas, metales puros, compuestos químicos y fases de aleación intermedias: Compuestos intermetálicos, compuestos electrónicos: Regla de Hume-Rothery. Soluciones sólidas: Soluciones sólidas por sustitución, soluciones sólidas intersticiales.

**TEMA VII:** Diagramas de equilibrio: Introducción. Fases de las aleaciones, curvas de enfriamiento. Construcción de los diagramas de equilibrio. Enfriamiento: lento y rápido. Regla de las fases de Gibbs. Regla de la palanca. Tipos de diagramas de equilibrio binario: Diagramas con componentes completamente solubles en estado líquido y en estado sólido. Diagramas con componentes completamente solubles en estado líquido e insoluble en estado sólido. Diagramas con componentes completamente solubles en estado líquido y parcialmente solubles en estado sólido.

**TEMA VIII:** Diagrama hierro-carbono. Introducción. Constituyentes principales: Hierro, carbono, cementita. Curva de enfriamiento del hierro puro. Diagrama hierro-cementita. Aceros y fundiciones, micro-constituyentes, propiedades, características y clasificación.

# P E N S U M I

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. DE CIENCIAS TÉRMICAS

PROGRAMA	<b>TERMODINÁMICA II</b>
CÓDIGO	IMC202
PERÍODO	SEXTO
PRELACIONES	IMC201
HORAS TEÓRICAS SEMANALES	3
HORAS PRÁCTICAS SEMANALES	2
UNIDADES	4

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO:

**TEMA I:** Transformaciones Termodinámicas: Variaciones de las magnitudes fundamentales en las diversas transformaciones: isotermas, isobáricas, isométricas, adiabáticas y politrópicas. Representación en los planos P-V y T -S. Diagrama entalpía concentración.

**TEMA II:** Termodinámica del Vapor de Agua: Líquido saturado. Vapor saturado. Vapor sobrecalentado. Tablas de vapor. Relaciones entre las magnitudes termodinámicas. Título. Transformaciones termodinámicas del vapor de agua. Diagramas.

**TEMA III:** Máquinas de vapor. Ciclo Rankine. Esquema, Diagrama, Rendimiento. Mejoras en el Ciclo Rankine

**TEMA IV:** Ciclos técnicos: Motores de combustión interna. Ciclo Otto. Ciclo Diesel. Ciclo Semidiesel. Diagramas. Rendimientos. Turbinas de reacción. Ciclo Brayton. Diagramas. Mejoras. Motores a reacción.

**TEMA V:** Ciclos frigoríficos: Clases de ciclos frigoríficos. Esquema. Diagramas. Licuación de gases: Procesos Linde y Claude. Técnicas de las muy bajas temperaturas.

**TEMA VI:** Sistemas Reales: Ecuaciones semi empíricas. Coeficiente de compresibilidad. Estados correspondientes. Mezclas. Cálculos en base de tablas y de gráficos.

**TEMA VII:** Compresores: Compresores en émbolo. Compresores centrífugos. Diagramas. Rendimiento. Compresión escalonada.

**TEMA VIII:** Equilibrios Químicos: Criterios de equilibrios. Equilibrios químicos. Sistemas homogéneos y heterogéneos. Sistemas reales. Reacciones simultáneas.

**TEMA IX:** Termodinámica de los Sistemas Aleados: Energía libre de las fases aleadas. Equilibrios sólidos, líquido. Componentes miscibles en estado líquido. Eutécticas. Puntos de fusión congruente e incongruente. Miscibilidad parcial en estado sólido. Peritéticos. Miscibilidad parcial en estado líquido

**TEMA X:** Sistemas de tres componentes: Representación gráfica. Tres líquidos parcialmente miscibles. Dos fases sólidas y una líquida. Formación de compuestos binarios y ternarios. Soluciones sólidas

**TEMA XI:** Fenómenos críticos de mezcla: Diagrama. Condensación retrógrada. Constante de equilibrio de vaporización. Curva de puntos de burbuja. Curvas de punto de rocío. Vaporización parcial.

**TEMA XII:** Flujo de fluidos: Fluidos comprensibles e incomprensibles. Flujo isentrópico. flujo de Feno. flujo de Reyleugh unidimensional generalizado. Flujo metaestable. Toberas.

**TEMA XIII:** Hidrometría: Estudio termodinámico del aire húmedo. Empleo de Diagramas. Empleo del diagrama. Humidificación secado. Acondicionamiento del aire.

**TEMA XIV:** Cálculos, de magnitudes termodinámicas en sistemas multicomponentes: ejemplos diversos.

# P E N S U M I

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. DE TECNOLOGÍA Y DISEÑO

PROGRAMA:	<b>ELEMENTOS DE MÁQUINAS I</b>
CÓDIGO:	IMT204
PERÍODO:	SEXTO
PRELACIONES:	IMT200 y IMT201
HORAS TEÓRICAS SEMANALES:	3
HORAS PRÁCTICAS SEMANALES:	3
UNIDADES:	4

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO

**TEMA I:** Conceptos básicos. Introducción al estudio de mecanismos. Mecanismo y máquina. Movimiento y transformación Ciclo, período y fase. Eslabones y pares cinéticos. Grados de Libertad. Fórmula de Grubler. Cadenas cinemática. Inversión. Ley de Grashoff. Problemas.

**TEMA II:** Mecanismos articulados típicos Mecanismos de cuatro barras. Puntos muertos. Mecanismos de manivela-biela corredera. Mecanismos de yugo escocés. Mecanismos de palanca. Mecanismos de retorno rápido. Mecanismos indicadores, de distribución, de línea recta y otros mecanismos típicos. Diagramas cinemáticos y trayectorias. Teorema de Roberts-Chevishev. Mecanismos cognados. Ecuación de Freudenstein. Análisis cinemático mediante números complejos. Análisis mediante relaciones trigonométricas. Elaboración de programas utilizando algún lenguaje de computación Síntesis de mecanismos. Problemas.

**TEMA III:** Mecanismos de levas. Introducción. Clasificación. Curvas base. Diagramas de desplazamiento con movimientos armónicos, parabólico y mixto. Factor de leva y ángulo de presión. Principio de inversión en el trazado de levas. Análisis y síntesis geométrica y analítica con mecanismos de levas con seguidores rotacionales y traslacionales.

**TEMA IV:** Velocidades en el movimiento plano. Introducción. Métodos monofásicos para el análisis de velocidades: Método de las componentes ortogonales, Método de los centros instantáneos de rotación (Teorema de Aronhold - Kennedy) y Método de las velocidades relativas. Polígonos de velocidades y Velocidad relativa de puntos coincidentes en distintos eslabones. Diferenciación gráfica. Correspondencia analítica con los métodos gráficos. Problemas.

**TEMA V:** Aceleraciones en el movimiento plano.

Determinación gráfica de aceleraciones instantáneas en mecanismos. Método de las aceleraciones relativas. Aceleración relativa de dos puntos de un mismo cuerpo rígido. Aceleración en puntos de contacto de cuerpos rotatorios. Aceleración relativa de puntos coincidentes en eslabones distintos. Ley de Coriolis. Polígonos de aceleraciones. Métodos analíticos. Problemas.

**TEMA VI:** Engranajes cilíndricos de dientes rectos.

Introducción. Deslizamiento y rodadura. Movimientos transmitidos por curvas en contacto. Superficies que producen rodadura pura. Ruedas de fricción. Sistema correa-polea. Clasificación de los engranes. Ley fundamental del engrane. Diseño gráfico y terminología de los engranajes cilíndricos con dientes de involuta. Involumetría y métodos para trazar perfiles. Relación de transmisión. Interferencia en una pareja de engranes. Intercambiabilidad. Razón de contacto. Problemas.

# P E N S U M I

**TEMA VII:** Engranés cónicos, helicoidales y de tornillo sin fin. Engranés cónicos rectos. Engranés espirales. Engranés oblicuos. Engranés hipoidales. Engranés helicoidales paralelos y cruzados. Engranés de tornillo sin fin recto y globoide. Trazado de parejas en engranés cónicos rectos. Aproximación de Tredgold y número virtual de dientes. Problemas.

**TEMA VIII:** Trenes de engrane.

Trenes de engrane simples y planetarios (epicicloidales). Métodos de tabulación. Método de fórmula. Aplicaciones de los trenes de engrane planetarios. Cabrias, cajas y diferenciales. Problemas.

**TEMA IX:** Análisis de fuerzas estáticas en máquinas.

Introducción. Fuerzas estáticas en máquinas ideales. Fricción. Resistencia al deslizamiento y a la rodadura. Fricción en órganos flexibles. Fuerzas estáticas entre los eslabones considerando rozamiento. Método gráfico. Polígono de fuerzas. Rendimiento. Problemas.

**TEMA X:** Fuerzas de inercia en máquinas. Fuerza de inercia de una partícula. Fuerza de inercia de un cuerpo rígido que posee movimiento plano. Fuerza de inercia de un eslabón flotante. Análisis combinado de fuerzas estáticas y de inercia. Sistema cinemáticamente equivalente. Métodos. Problemas.

# P E N S U M I

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. DE TECNOLOGÍA Y DISEÑO

PROGRAMA	<b>TECNOLOGÍA MECÁNICA I</b>
CÓDIGO	IMT205
PERÍODO	SEXTO
PRELACIONES	IMT203
HORAS TEÓRICAS SEMANALES	2
HORAS LABORATORIO SEMANALES	3
UNIDADES	3

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO

**TEMA I:** Introducción. Ajustes y tolerancias. Símbolos. Valores de las tolerancias. Sistemas de tolerancia. Sistema de eje único y agujero único. Ajustes recomendados y selección de ajustes. Calibres de tolerancias. Clasificación y aplicaciones. Modo de empleo y normas para su conservación.

**TEMA II:** Materiales no metálicos. Materiales cerámicos. Materiales compuestos. Materiales no férreos. Polímeros.

**TEMA III:** Metalurgia de polvos. Descripción del proceso. Obtención y preparación de 108 polvos. Compresión. Sinterización. Acabado. Propiedades del producto. Ventajas y desventajas del proceso.

**TEMA IV:** Procesos de soldadura aplicables en la construcción de piezas. Clasificación. Soldadura con gas, oxiacetilénica, con gas y presión. Soldadura con termita. Soldadura de arco. Soldadura con electrodos desnudos y revestimiento. Diversos tipos de electrodos. Soldadura de resistencia: por percusión, por punto, de costura, por recalado y de salientes. Soldadura por flujo. Soldadura por inducción y por inmersión. Soldadura por fricción, por ultrasonido y por haz de electrones. Corte por soplete, con arco y plasma. Defectos de la soldadura y ensayos de detección. Método de cálculo. Problemas.

**TEMA V:** Corrosión. Naturaleza y tipos de corrosión. Métodos de protección.

**TEMA VI:** Galvanotécnica. Galvanoplastia y Galvanostegia. Niquelado. Cromado. Galvanizado y desventajas.

# P E N S U M I

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. DE CIENCIAS TÉRMICAS

PROGRAMA	<b>ELEMENTOS DE INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>
CODIGO	IMEE01
PERIODO	QUINTO SEMESTRE
TIPO	OBLIGATORIA
PRELACIONES:	IMFI21 Y IMLF21
HORAS TEÓRICAS SEMANALES:	4
HORAS PRÁCTICAS SEMANALES:	1
HORAS LABORATORIO SEMANALES:	0
UNIDADES	4

## **CONTENIDO PROGRAMÁTICO:**

**TEMA I:** Leyes básicas de electricidad: Concepto de electricidad. Leyes fundamentales de la conducción eléctrica. Ley de Ohm. Leyes de Kirchoff. Inductancia y capacitancia. Corriente alterna. Ley de Ohm y leyes de Kirchoff en corriente alterna. Sistemas trifásicos.

**TEMA II:** Leyes básicas de electromagnetismo: Ley de Ampere. Ley de Faraday. Ley de Bio-Savart. Materiales ferromagnéticos y para magnéticos. Circuitos magnéticos. Analogía con circuitos eléctricos. Relay y pulsadores. Principio de funcionamiento. Principio de conservación de la energía. Máquinas eléctricas. Diagrama energético. Clasificación de las máquinas eléctricas.

**TEMA III:** Transformador: Transformador: Principio de funcionamiento. Utilidad. Transformador ideal y transformador real. Caídas de tensión en el transformador. Pérdidas en el transformador. Rendimiento. Transformador trifásico. Conexiones básicas relación individual y relación de grupo.

**TEMA IV:** Máquinas de corriente alterna: Motor Asíncrono o de inducción. Campo magnético giratorio. Principio de funcionamiento. Deslizamiento. Par motor. Balance energético del motor de inducción. Control de velocidad y par.

**TEMA V:** Elementos básicos de electrotécnica: Diodos, funcionamiento, curvas características. Análisis gráfico, modelo equivalente: aplicaciones, rectificadores, dispositivos amplificadores. Transistores bipolares y FET, curvas características. Amplificadores operacionales. Teoría básica. Modelo equivalente. Aplicaciones.

# P E N S U M I

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. DE TECNOLOGÍA Y DISEÑO

PROGRAMA	<b>METALURGIA II</b>
CÓDIGO	IMT206
PERÍODO	SEXTO
PRELACIONES	IMT203
HORAS TEÓRICAS SEMANALES	3
HORAS LABORATORIO SEMANALES	3
UNIDADES	4

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO

**TEMA I:** Diagrama hierro-carbono: Introducción. Curva de enfriamiento del hierro puro. Definición de estructuras y zonas del diagrama hierro-carbono. Aleaciones hierro-carbono. Proceso de enfriamiento desde el estado líquido hasta la temperatura ambiente de aleaciones hierro-carbono. Transformaciones estructurales en el calentamiento y enfriamiento de diferentes aleaciones. Estados alotrópicos. Puntos críticos del hierro puro y de los aceros. Procedimiento para la determinación de los puntos críticos. Dilatometría.

**TEMA II:** Tratamientos térmicos de los aceros: Introducción. Definición. Clasificación: Recocido. Normalizado. Temple. Revenido. Tratamientos isotérmicos. Tratamientos termoquímicos. Constituyentes microscópicos de los aceros. Curva de la "S" (temperatura-tiempo-transformación). Dureza y templabilidad. Ensayo Jominy. Influencia de los elementos aleantes en los aceros.

**TEMA III:** Metalurgia de las fundiciones: Introducción. Definición. Tipos. Clasificación desde el punto de vista de su estructura metalográfica. Variables que influyen en su formación. Descripción de cada una de ellas. Características. Influencia de los elementos aleantes en las fundiciones. Diagramas hierro-grafito. Procesos de grafitización.

**TEMA IV:** Procesos siderúrgicos: Introducción. Procesos de obtención de arrabio en horno y en alto horno eléctrico. Procesos de obtención de aceros en hornos SIEMENS MARTIN y en convertidores L-D.

**TEMA V:** Procesos de fundición: Introducción. Definición. Tipos. Etapas del proceso de fundición. Flujograma del proceso. Modelaje. Moldeo. Arenas de moldeo. Fabricación de machos. Sistemas de alimentación y colada. Fusión metálica. Defectos de fundición. Acabado e inspección. El órgano de fusión; horno de crisol, horno de cubilote, horno de reverbero, hornos de arco y hornos de inducción.

**Firma y sello de Escuela**

# P E N S U M O

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. DE TECNOLOGÍA Y DISEÑO

PROGRAMA	<b>ELEMENTOS DE MÁQUINAS II</b>
CÓDIGO	IMT207
PRELACIONES	IMT204 – IMT202
PERÍODO	SÉPTIMO
HORAS TEÓRICAS SEMANALES	5
HORAS PRÁCTICAS SEMANALES	3
UNIDADES:	6

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO:

**TEMA I:** Elementos de unión roscados. Descripción general: clases de filetes. Características. Cálculo de resistencia bajo diferentes condiciones de carga estática con o sin precarga. Efecto de cargas dinámicas. Empaquetaduras. Materiales para elementos roscados.

**TEMA II:** Tornillos de potencia o de fuerza. Clases de tornillo de fuerza, cálculo resistente, eficiencia, problemas y aplicaciones.

**TEMA III:** Resortes. Descripción general. Características, materiales, esfuerzos y deflexiones en resortes. Resortes helicoidales cilíndricos para compresión, tracción y torsión. Resortes cónicos. Cargas excéntricas. Frecuencia crítica. Ballestas. Resortes de disco.

**TEMA IV:** Cojinetes de deslizamiento. Definiciones y clasificaciones de los cojinetes. Factores que afectan el diseño y funcionamiento de los mismos. Elementos de construcción usados. Lubricación. Viscosidad, lubricantes y normas. Dispositivos de lubricación. Lubricación hidrodinámica. Los cojinetes de guía y determinación de sus respectivas capacidades de carga y fricción; Generación y disipación de calor. Temperatura de operación. Determinación de juego mínimo y otras variables. Ilustraciones. Problemas.

**TEMA V:** Rodamientos. Generalidades. Ventajas y desventajas. Tipos. Cálculo de las cargas que actúan sobre un rodamiento. Cargas variables. Cargas equivalentes. Capacidad de carga y duración de los rodamientos. Duración nominal. Lubricación. Sellos y protecciones. Montaje. Selección. Ilustraciones. Problemas.

**TEMA VI:** Engranajes cilíndricos de dientes rectos. Definición y terminología. Fundamentos. Métodos de fabricación. Normas. Esfuerzos básicos y resistencia a la flexión de los dientes de los engranes. Cargas dinámicas. Resistencia superficial. Materiales y lubricación. Ilustraciones y problemas.

**TEMA VII:** Engranajes helicoidales y cónicos. Engranajes helicoidales. Definiciones. Relaciones entre los dientes. Proporciones de los dientes. Esfuerzo de flexión. Carga dinámica. Duración superficial. Engranajes helicoidales cruzados. El tornillo sin fin. Análisis de fuerzas. Diseño en función de la resistencia. Estimación de la potencia, eficiencia y materiales. Engranajes cónicos. Nomenclatura y/o terminología. Proporciones. Método de diseño basado en la flexión y duración superficial. Montaje y lubricación.

**TEMA VIII:** Descripción general y características. Cálculo de resistencia. Ejes de transmisión. Ejes de máquinas. Determinación gráfica de la deflexión, cálculo. Métodos de diseño. Velocidad crítica y métodos de determinación. Ilustraciones y problemas.

**TEMA IX:** Acoplamientos. Descripción general. Tipos. Características. Acoplamientos rígidos y flexibles. Juntas universales. Acoplamientos de seguridad.

**TEMA X:** Embragues y frenos. Generalidades. Tipo de acción: positiva y de fricción. Discos, conos, bloques, anillos, bandas y otros sistemas, materiales, cálculo y diseño.

**TEMA XI:** Síntesis. Aplicaciones de los diferentes elementos. Transmisiones. Cálculos.

# P E N S U M O

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. DE TECNOLOGÍA Y DISEÑO

PROGRAMA	<b>TECNOLOGÍA MECÁNICA II</b>
CÓDIGO	IMT208
PERÍODO	SÉPTIMO
PRELACIONES	IMT205 – IMT206
HORAS TEÓRICAS SEMANALES	3
HORAS LABORATORIO SEMANALES	2
UNIDADES	4

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO:

**TEMA I:** Introducción. Procesos de conformado de materiales con arranque de viruta. Aplicaciones.

**TEMA II:** Materiales y tratamientos de las herramientas. Diseño de herramientas cortadoras de material. Herramientas de filo único. Formación de la viruta. Influencias de los ángulos de la herramienta en la forma de la viruta. Influencias del material trabajado en la forma de la viruta. Desgaste de la herramienta. Vida de una herramienta. Proceso del desgaste de una herramienta. Herramientas de puntas múltiples. Herramientas de recorrido lineal. Herramientas rotatorias de avance axial. Herramientas para fresadoras. Tratamientos térmicos de las herramientas.

**TEMA III:** Maquinabilidad. Influencia de: material trabajado, la herramienta, el avance, el corte discontinuo e interrumpido y corte con cascarilla. Características del corte. Velocidad de corte. Determinación de la velocidad de corte. Relación entre la velocidad y la vida de la herramienta (método Taylor). Determinación de la velocidad de corte por la mayor producción de viruta entre dos afilados. Tablas y gráficos para determinar la velocidad de corte. Fuerzas de corte. Fuerza principal de corte, fuerza de avance y fuerza radial. Fuerza especificada de corte. Potencia necesaria para las máquinas-herramientas. Fluidos de corte para el mecanizado: refrigeración y lubricación.

**TEMA IV:** Proceso de mecanizado. Diversas máquinas. Máquinas cuyo movimiento principal es rotativo, alternativo y rectilíneo uniforme. Aplicaciones. Comparaciones entre fuerzas y potencias, en algunas máquinas-herramientas. Movimientos principales en cada máquina-herramienta. Máquina para trabajos en serie. Algunos procesos especiales de maquinado de metales: maquinado por proceso químico del material, maquinado por arranque electrolítico del material, maquinado ultrasonido, conformación por Láser y corte por plasma del arco.

**TEMA V:** Tiempo y costo de maquinado. Estimación del tiempo de maquinado. Componentes del tiempo de maquinado. Márgenes de tiempo: Cálculo del tiempo del maquinado para diferentes máquinas. Costo de maquinado por pieza y sus componentes. Cálculo de velocidades óptimas de corte.

**TEMA VI:** Control automático y numérico de las máquinas-herramientas. Elementos de control numérico aplicado a máquinas-herramientas. Sistemas mecánicos. Sistemas hidráulicos. Sistemas neumáticos. Sistemas electromecánicos.

# P E N S U M O

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. DE CIENCIAS TÉRMICAS

PROGRAMA	<b>TRANSFERENCIA DE CALOR</b>
CÓDIGO	IMC203
PERÍODO	SÉPTIMO
PRELACIONES	IMC201 – IMC200
HORAS TEÓRICAS SEMANALES	3
HORAS PRÁCTICAS SEMANALES	1
UNIDADES	3

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO:

**TEMA I:** Modos en que se realiza el flujo de calor. Leyes básicas de la transferencia de calor. Mecanismos combinados en la transferencia de calor. Analogía entre el flujo de calor y el flujo eléctrico

**TEMA II:** Conducción de calor en estado estable: Paredes de configuración geométrica simple. Estructuras compuestas. Sistemas con fuente de calor. Espesor crítico de aislamiento. Superficies extendidas.

**TEMA III:** Conducción de calor en estado inestable: flujo de calor transitorio y periódico. Flujo transitorio de calor con resistencia interna despreciable. Cartas para la conducción transitoria del calor.

**TEMA IV:** Transferencia de Calor por Radiación: Radiación térmica. Absorción. Reflexión y transmisión de radiación. Ley de Kirchoff y el cuerpo negro. Intensidad de radiación y poder de emisión total. Radiación de superficies reales. Intercambio de calor por radiación entre superficies negras. Radiación de superficies reales, intercambio de calor por radiación entre superficies negras en presencia de superficies re-radiantes. Flujo de calor por radiación entre superficies grises.

**TEMA V:** Fundamentos de la Convección: Coeficiente de transferencia de calor por convección. Mecanismo de transporte de energía y flujo de fluidos. Fundamento de las capas de frontera. Módulo de Nusselt. Cálculo de los coeficientes de transferencia de calor por convección. Análisis dimensional. Capa laminar sobre una placa plana. Análisis aproximado de la capa frontera. Analogía entre transferencia de calor y de cantidad de movimiento en flujo turbulento. Analogía de Reynolds para flujo turbulento sobre placa plana. Flujo turbulento sobre superficies planas.

**TEMA VI:** Convección libre: parámetros de similitud para convección libre. Cálculo de la conductancia por unidad de superficie.

**TEMA VII:** Convección formada dentro de tubos y ductos: Diámetro hidráulico. Selección de la temperatura de la referencia del fluido. Efecto del número de Prandtl. Efecto de entrada. Analogía entre transferencia de calor y transferencia de cantidad de movimiento. Coeficientes de transferencia de calor para flujo turbulento. Metales líquidos. Convección forzada en flujo laminar

**TEMA VIII:** Convección forzada sobre superficies anteriores: Flujo sobre cuerpo con pendiente brusca. Efecto del flujo transversal sobre un cilindro y una esfera. Flujo transversal en heces de tubos.

**TEMA IX:** Intercambiadores de calor: Diseño y selección. Tipos básicos de intercambiadores de calor. Diferencia media de temperatura. Eficiencia de los intercambiadores de calor. Factores de incrustación.

# P E N S U M O

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. DE CIENCIAS TÉRMICAS

PROGRAMA	<b>CONVERSIÓN DE ENERGÍA</b>
CÓDIGO	IMC204
PERÍODO	SÉPTIMO
PRELACIONES	IMC202
HORAS TEÓRICAS SEMANALES	4
HORAS PRÁCTICAS SEMANALES	2
UNIDADES	3

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO:

**TEMA I:** Formas de generar energía y factibilidad en Venezuela. Energía Hidráulica. Energía. Energía Fósil. Energía Meromotriz. Energía Solar. Energía Nuclear.

**TEMA II:** Máquina de combustión interna. Clasificación Constitución del motor alternativo bastidor. Cilindros. Pistones. Bulón cigueñal. Válvulas. Árbol de levas. Sistemas de motor

**TEMA III:** Conceptos y definiciones. Sistemas de unidades. Ley de los gases perfectos. Volumen específico y densidad. Ley de Dalton. Conservación de la energía. Proceso isocórico. Proceso adiabático. Eficiencia. Potencia. Relación combustible aire. Consumos específicos. Presión media efectiva. Relaciones potencia pmc. Características al freno e indicadas. Relación combustible aire estequiométrica.

**TEMA IV:** Ciclos ideales. Ciclo de máximo rendimiento. Limitaciones sobre las presiones y temperaturas del ciclo. Procesos óptimos de suministro y cesión de calor. Hipótesis de los ciclos ideales. Ciclo Sabthe. Ciclo Diesel. Ciclo Otto.

**TEMA V:** Motores. De dos carreras por ciclo. De cuatro carreras por ciclo. Turbinas de Gas. Motores rotativos.

**TEMA VI:** Ciclos aire combustible. Utilidad. Hipótesis. Composición de los gases. Variación del número de moléculas. Uso del Diagrama de Combustión. Termodinámica de la combustión.

**TEMA VII:** Ciclo reales de los motores. . Hipótesis. Diagrama de indicador. Diagrama de la distribución. Análisis de fallas en el diagrama del indicador

**TEMA VIII:** La Admisión. Pérdidas de presión. Calentamiento de la mezcla. Rendimiento volumétrico del motor de cuatro carreras por ciclo y de dos carreras por ciclo. Consumo de aire. Factores que influyen sobre el rendimiento volumétrico. Influencia de la carga y de la velocidad sobre los parámetros de la admisión. Proporcionamiento de las válvulas. Clases de barrido. Caudal de la bomba de barrido.

**TEMA IX:** Parámetros finales de la compresión. Factores que influyen sobre la compresión. Movimiento de la mezcla durante la compresión.

**TEMA X:** La Combustión. Velocidad de la llama. Duración de la fase de combustión. Influencia de la velocidad y la carga sobre el tiempo de combustión.

**TEMA XI:** Combustión anormal. Preencendido. Auto encendido. Detonación. Mecanismo de la detonación. Determinación del N.O. Auditivos. Autodetonantes. Formas de evitar la detonación. Encendido por puntos calientes.

**TEMA XII:** Carburación. Necesidades del motor. Carburador elemental. Circuito de mínima. Economizadores. Bomba de aceleración. Cebador. Correctores altimétricos.

**TEMA XIII:** Encendido. Encendido por batería. Bobina. Distribuidor. Avance centrífugo y de vacío. Bujías. Grado Térmico. Encendido por magneto.

**Firma y sello de Escuela**

# P E N S U M I

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. DE TECNOLOGÍA Y DISEÑO

PROGRAMA:	<b>PRODUCCIÓN I</b>
CÓDIGO:	IMT209
PRELACIÓN:	100 UNIDADES
PERÍODO:	SÉPTIMO
HORAS TEÓRICAS SEMANALES:	3
UNIDADES:	3

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO:

**TEMA I:** La estructura social. La producción: sus relaciones, fuerzas productivas, la estructura económica, infraestructura y superestructura.

**TEMA II:** La Ley del Trabajo.

**TEMA III:** Establecimiento legal de la empresa en Venezuela. Diferentes compañías.

**TEMA IV:** Financiamiento de la empresa industrial y sus modalidades.

**TEMA V:** Relación de venta y gasto. Gráfica de rendimiento. Gráfica del punto de equilibrio.

**TEMA VI:** La teoría del precio. Curvas de oferta y demanda.

**TEMA VII:** Medición del trabajo e incentivos, estudios del tiempo con cronómetro, establecimientos de clases de trabajo e incentivos de salarios.

**TEMA VIII:** Método de trabajo. Análisis de método o estudio de movimientos.

**Firma y sello de Escuela**

# P E N S U M I

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. DE TECNOLOGÍA Y DISEÑO

PROGRAMA:	<b>TECNOLOGÍA MECÁNICA III</b>
CÓDIGO:	IMT301
PERÍODO:	OCTAVO
PRELACIONES:	IMT202 – IMT208
HORAS TEÓRICAS SEMANALES:	3
HORAS LABORATORIO SEMANALES:	2
UNIDADES:	4

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO:

### **TEMA I:** Principios de los trabajos mecánicos:

Procedimientos de conformación de los metales: Generalidades. Procesos mecánicos sin arranque de viruta. Diferenciación con otros procesos. Materiales y formas de las piezas procesadas.

### **TEMA II:** Trabajos de estampación en frío:

Operaciones fundamentales: corte, punzonado, doblado, curvado y embutido. Corte y punzonado. Ciclo de corte. Fuerza necesaria. Doblado y curvado. Desarrollo de piezas. Fuerza necesaria. Formas especiales.

**TEMA III:** Proceso de embutido estampación en frío: Consideraciones tecnológicas importantes. Métodos Ericksen y Pump. Fases necesarias para el embutido. Características y desarrollo de piezas. Construcción de herramientas (troqueles y dispositivos auxiliares).

**TEMA IV:** Proceso de estirado y trefilado: Generalidades. Consideraciones tecnológicas. Diferenciación de los dos procesos. Metales y aleaciones. Etapas del proceso. Aplicaciones. Equipos.

**TEMA V:** Fabricación de tubos metálicos: Generalidades. Consideraciones Tecnológicas. Procedimiento de fabricación. Materiales. Aplicación. Equipos.

**TEMA VI:** Fabricación de piezas por extrusión en frío: Generalidades. Consideraciones tecnológicas. Proceso de fabricación. Fuerza necesaria. Equipos y herramientas.

**TEMA VII:** Fabricación de piezas por extrusión en caliente: Generalidades. Consideraciones tecnológicas. Procedimiento de fabricación. Materiales, temperatura, velocidades y presiones. Fuerza necesaria. Prensa y demás equipos. Aplicaciones. Troqueles, herramientas y dispositivos.

**TEMA VIII:** Procedimiento de fabricación en caliente forjado: Definición y propiedades físico-mecánicas y metalúrgicas de los materiales forjables. Metales y aleaciones de forja. Temperatura de forja, ciclo de calentamiento y resistencia a la compresión. Forja manual. Forja mecánica. Estampación en martillos (por choque) Y en prensas (por presión). Clasificación.

**TEMA IX:** Procesos de forja: Deformación producida por los martillos. Fuerza necesaria y demás características. Deformación producida por las prensas. Fuerzas y demás características. Forja abierta y forja cerrada. Aplicaciones. Tolerancias. Materiales y factores importantes en la construcción de troqueles. Preformas y rebatas. Etapas de conformación. Optimización del flujo; Materiales. Aplicaciones. Costos.

**Firma y sello de Escuela**

# P E N S U M I

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. DE CIENCIAS TÉRMICAS

PROGRAMA	<b>TURBOMÁQUINAS</b>
CÓDIGO	IMC205
PERÍODO	OCTAVO
PRELACIONES	IMC200 – IMC202
HORAS TEÓRICAS SEMANALES	4
HORAS PRÁCTICAS SEMANALES	2
UNIDADES	5

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO:

**TEMA I:** Introducción. Definición y Clasificación de las turbomáquinas. Vistas y Proyecciones utilizadas en el análisis.

**TEMA II:** Análisis dimensional. Generalidades. Similitud. Aplicación Análisis Dimensional a Turbomáquinas Hidráulicas. Velocidad específica. Aplicación a Turbomáquinas Térmicas. Curvas de Comportamiento de turbomáquinas térmicas (compresores y turbinas).

**TEMA III:** Termodinámica de los procesos en turbomáquinas hidráulicas. Análisis de los procesos en el rodete. isentrópico de compresión y expansión. Rendimiento isotérmico. Eficiencias de acuerdo a la finalidad de la turbomáquinas.

**TEMA IV:** Transferencia de energía entre fluido y rodete. Triángulos de velocidad. Ecuación de Euler para turbomáquinas motores y generadores. Componentes de la energía transferida. Grado de reacción.

**TEMA V:** Análisis de turbomáquinas con flujo radial y axial en el rotor. Eficiencias referidas a las pérdidas en el rotor. Bombas compresores y turbinas de flujo radial y axial. Coeficiente de Presión.

**TEMA VI:** Análisis de turbomáquinas entre la entrada y salida de la máquina. Altura manométrica y altura neta. Pérdidas. Rendimiento. Potencias.

**TEMA VII:** Influencias del número finito de álabes. Influencia en Euler. Coeficiente de resbalamiento.

**TEMA VIII:** Cavitación. Colocación de bombas NPSH.

**TEMA IX:** Curvas características de Turbomáquinas generadoras. Características del sistema. Punto de trabajo. Análisis de sistemas de bombeo.

**Firma y sello de Escuela**

# P E N S U M I

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA  
DPTO. DE CIENCIAS TÉRMICAS

PROGRAMA	<b>TEORÍA DE CONTROL</b>
CÓDIGO	IMC205
PERÍODO	OCTAVO
PRELACIONES	IMMT40-IMEE01
HORAS TEÓRICAS SEMANALES	3
HORAS PRÁCTICAS SEMANALES	0
UNIDADES	3

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO:

**TEMA I:** Introducción. Introducción general. Reseñas históricas. Definiciones: a) Sistema b) Sistema de Control. Estudio dinámico de un sistema: Sistema Mecánico. Sistema eléctrico. Sistema Hidráulico. Sistema térmico. . Ejemplos

### **TEMA II:**

Ecuaciones diferenciales ordinarias y linealización de ecuación. Ecuaciones diferenciales ordinarias lineales y no lineales. Solución de una ecuación diferencial ordinaria lineal; Solución homogénea y solución particular. Determinación de las constantes. Ejemplos. Linealización de ecuaciones utilizando la expansión de Taylor alrededor de un punto conocido. Ejemplos.

**TEMA III:** Respuestas de sistemas. Excitación a un sistema; en escalón - en rampa y sinusoidal. Respuesta de un sistema de primer orden sometido a cambios; en escalón, en rampa y sinusoidal. Definición de constante de tiempo. Respuesta de un sistema de segundo orden sometido a un cambio en escalón, en rampa y sinusoidal. Sistema sobre-amortiguado, críticamente amortiguado, sub-amortiguado y oscilatorio.

**TEMA IV:** Estabilidad. Definición; Desde un punto de vista físico y desde un punto de vista matemático. Estabilidad limitada Criterio de Routh Observaciones. Criterio de Hurwitz: Ejemplos.

**TEMA V:** La transformada de Laplace: Definición. Números complejos. La variable compleja  $S$ . Teoremas y transformadas. Teoremas del valor inicial y del valor final. La transformada inversa. Solución de ecuaciones diferenciales por el método de la transformada de Laplace. Ejemplo.

**TEMA VI:** Función de transferencia y diagrama de bloque. Definición de función de transferencia. Diagramas de bloques. Álgebra de bloques: Sistema de control a circuito cerrado y a circuito abierto. Sistema regulador y sistema seguidor. Forma canónica de un sistema de control por retroalimentación. Teorema de transformación de diagramas de bloque. Notación generalizada para un sistema de control a circuito cerrado. Estudio de un sistema de control automático (Ejemplo nivel, temperatura, flujo, etc.). Ejemplos

**TEMA VII:** Definición de acción de control y tipos. Acción proporcional. Desajuste o desviación permanente. Ejemplo de un sistema de control de nivel de líquido con acción proporcional. Características de la acción proporcional. Acción integral: Ejemplo de un

# P E N S U M I

sistema de control de nivel líquido usando la acción integral: Ejemplo de un sistema de control de nivel líquido usando la acción integral. Característica de la acción integral. Acción derivativa: Ejemplo de un sistema de control de nivel líquido usando acción derivativa. Característica de la acción derivativa. Combinación de acciones de control; Acción proporcional más integral. Ejemplos. Características. Acción proporcional más derivativa. Ejemplo. Características Control de posiciones. Ejemplo. Características. Tipos de Sistema; tipo 0, 1 y 2.

**TEMA VIII:** Respuesta frecuencial. Definición, Procedimientos para obtener los datos de respuesta a la frecuencia. Sustitución de Representación gráfica: Coordenadas polares y rectangulares. Determinación experimental de la respuesta a la frecuencia. Ejemplos.

**TEMA IX:** Criterio de Nyquist. Introducción. El criterio de estabilidad de Nyquist. Análisis de Nyquist. Simplificado. Relaciones gráficas en el plano GH. Ejemplos.

**TEMA X:** Diagramas de Bode y Gráficas de Nichols. Introducción. Diagramas de atenuación de Bode. Análisis de estabilidad sobre los diagramas de Bode. Simplificaciones para obtener los gráficos. Gráficas de Nichols. Ejemplos.

**TEMA XI:** Lugar Geométrico de las raíces de la ecuación, Características. Introducción. Concepto del método. Gráficas para las funciones de transferencia simple. Guías para graficar rápidamente. Relaciones gráficas. Ganancia del sistema. Respuesta transitoria. Ejemplos.

# P E N S U M O

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO DE TECNOLOGÍA Y DISEÑO

PROGRAMA:	<b>INGENIERÍA ECONÓMICA</b>
CÓDIGO:	IMT210
PRELACIÓN:	IMT209 – 140 UNIDADES
PERÍODO:	OCTAVO
HORAS TEÓRICAS SEMANALES:	3
HORAS PRÁCTICAS SEMANALES:	1
UNIDADES:	3

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO

**TEMA I.** Introducción y conceptos fundamentales: Relación entre economía, ingeniería y ciencia. Rendimiento físico y rendimiento económico. Bienes de consumo y de producción. Valor utilidad. Demanda. Factores que afectan la demanda. Elasticidad de demanda. Oferta. Factores de que depende la oferta. Determinación del precio de equilibrio. Costos. Clasificación. Ingresos. Ley de los rendimientos decrecientes. Interés y tasa de interés. Capacidad de gerencia del dinero. Valor cronológico del dinero. Interés simple e interés compuesto.

**TEMA II.** Fórmulas de interés y equivalencia: Diagrama de flujo de dinero. Símbolos y términos. Fórmulas para pago simple. Factor de pago simple, cantidad compuesta. Factor de pago simple, valor actual. Fórmulas para series uniformes. Factor de series uniformes, cantidad compuesta. Factor de fondo de amortización. Factor de recuperación de capital. Factor de series uniformes y valor actual. Fórmulas visualizadas y tablas de interés. Recuperación de capital e interés. Gradientes de pagos o ingresos. Factor de serie aritmética. Tasas nominales y efectivas. Interpolación. Equivalencia. Evaluación de alternativas por equivalencias

**TEMA III.** Comparación de alternativas por equivalencia anual y equivalencia presente: Tipos de propuesta de inversión. Propuesta dependiente e independiente. Propuestas mutuamente exclusivas. Propuestas contingentes. Interdependencia financiera. Nomenclatura y símbolos. Cálculos del costo anual de inversión por recuperación de capital y fondo de amortización. Evaluación de una oportunidad de inversión por costo anual. Comparación con vidas desiguales. Análisis por valor actual. Con vidas desiguales por valor actual. Importancia del valor equivalente.

**TEMA IV.** Comparación de alternativas por tasa de interés y análisis de equilibrio: Tasa de interés de una inversión que genera ingresos conocidos. Método de prueba y error. Casos de múltiples factores. Solución directa. La tasa de interés en el análisis para múltiples alternativas. Tasas dobles de rendimiento. Análisis de equilibrio para dos alternativas. Tasas dobles de punto crítico para múltiples alternativas. Análisis de costo mínimo. Análisis de costo mínimo para múltiples alternativas

**TEMA V.** Relación beneficio-costos.

**TEMA VI.** Depreciación e impuesto sobre la renta: Concepto de depreciación. Cálculos. Métodos de línea recta, de la suma de los dígitos de los años y de doble saldo decreciente. Selección del método de depreciación. La tasa de impuesto. Diagrama de flujo de dinero después de impuesto. Procedimiento de cálculo.

**TEMA VII.** Vida económica y reemplazamiento. Reemplazamiento. Razones básicas. El activo actual y su reemplazo. Evaluación del reemplazo con costos amortizados. Vida económica de un activo. Consideraciones que llevan al reemplazo.

# P E N S U M I

**TEMA VIII.** Riesgo análisis y análisis de sensibilidad: Introducción. Análisis de sensibilidad. Análisis de sensibilidad de diferentes alternativas de inversión. Análisis probabilístico. Análisis de valor esperado. Incorporación de riesgo al análisis de tasa de rendimiento y valor presente neto.

# P E N S U M O

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. DE CIENCIAS TÉRMICAS

PROGRAMA	<b>REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO</b>
CÓDIGO	IMC301
PERÍODO	NOVENO
PRELACIONES	IMC202 –IMC203
HORAS TEÓRICAS SEMANALES	3
UNIDADES	3

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO:

**TEMA I:** Generalidades. Aplicaciones de la Refrigeración y Aire Acondicionado. Preparación. Almacenamiento y Distribución de alimentos. Refrigeración en industrias químicas y procesos industriales. Aire Acondicionado Industrial y para el confort.

**TEMA II:** Métodos de Refrigeración. Introducción. Elevación de la temperatura de un refrigerante. Cambio de fase. Expansión de un líquido. Expansión de un gas perfecto en régimen permanente. Proceso de vaciado. Expansión de un gas real. Otros procesos.

**TEMA III:** Ciclo de compresión de vapor. Introducción. Ciclo refrigerante de Carnot. Coeficiente de funcionamiento. Refrigerante. Condiciones para un coeficiente de funcionamiento óptimo. Límites de la temperatura. Bomba de calor de Carnot. Utilización del vapor como refrigerante. Modificaciones del ciclo de Carnot. Compresión húmeda en lugar de compresión seca. Proceso de expansión. Ciclo estándar de compresión de vapor. Coeficiente de funcionamiento del ciclo standard de compresión de vapor. Intercambiadores de calor y ciclo real de compresión de vapor.

**TEMA IV:** Sistemas de presiones múltiples. Introducción. Separación de vapor saturado. Enfriamiento intermedio del vapor. Un evaporador y un compresor. Dos evaporadores y un compresor. Dos compresores y un evaporador. Dos compresores y dos evaporadores. Equipo adicional.

**TEMA V:** Refrigerantes y aislantes. Introducción. Clasificación. Propiedades termodinámicas, químicas y físicas. Refrigerante óptimo - Refrigerantes comerciales. Aislantes. Propiedades. Aislante Optimo. Aislantes comerciales.

**TEMA VI:** Refrigeración por Ciclo de Aire. Introducción. Refrigeración en los aviones. Ciclo de aire ideal. Sistema simple. Sistema de dos etapas. Sistema regenerativo. Comparación de los sistemas. Sistemas que usan aire seco. Sistemas que usan aire húmedo. Varios.

**TEMA VII:** Refrigeración por chorro de Vapor de Agua. Introducción. Aplicación. Análisis. Funcionamiento.

**TEMA VIII:** Refrigeración a baja temperatura. Introducción; Compresión de vapor. Sistemas en cascada. Funcionamiento a bajas temperaturas. Enfriamiento Joule-Thomson. Sistema Linde. Análisis del Sistema Claude. Otros.

**TEMA IX:** Psicometría. Introducción. Carta psicométrica. Línea de saturación. Humedad relativa. Relación de humedad. Entalpia. Volumen específico. Temperaturas de bulbo seco y húmedo. Saturación adiabática. Punto de rocío. Procesos elementales de acondicionamiento: calentamiento, enfriamiento, humidificación, deshumidificación, mezcla de dos cantidades de aire, temperatura y condiciones de confort

**TEMA X:** Cálculo de la carga de enfriamiento. Introducción. Consideraciones generales.

**Firma y sello de Escuela**

# P E N S U M I

Estado de ambientes. Distribución de la carga. Radiación a través de ventanas o puertas de vidrio. Conducción y convección a través de ventanas y vidrios

**TEMA XI:** Distribución de aire. Introducción. Diseño de la red de ductos. Métodos. Movimiento del aire en el local. Ventiladores. Sistemas de ventilación.

**TEMA XII:**

Controles. Introducción. Controles para aire acondicionado. Sensores. Varios.

**TEMA XIII:**

Proyecto. Introducción. Cada alumno deberá realizar un proyecto de aire acondicionado y/o de refrigeración.

**Firma y sello de Escuela**

# P E N S U M I

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. DE TECNOLOGÍA Y DISEÑO

PROGRAMA:	<b>PRODUCCIÓN II</b>
CÓDIGO:	IMT303
PRELACION:	IMT210
PERÍODO:	NOVENO
HORAS TEÓRICAS SEMANALES:	3
HORAS PRÁCTICAS SEMANALES:	1
UNIDADES:	3

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO:

**TEMA I:** Introducción. La función de producción y operaciones.

**TEMA II:** Pronóstico de la demanda. Determinación de los factores de producción.

**TEMA III:** Distribución de servicio y manejo de materiales. Disposición por departamentos. Distribución detallada y manejo de materiales.

**TEMA IV:** Control de inventarios. Control de inventario bajo certeza. Control de inventario bajo riesgo e incertidumbre.

**TEMA V:** Control de calidad. Hoja de control para variables Control por atributo. Muestreo de aceptación.

**TEMA VI:** Teoría de cola. Modelos de línea de espera.

**TEMA VII:** Control de producción. Control de producción en la fabricación intermitente. Control de producción en la fabricación continua. Programación lineal. Pert-CPM.

# P E N S U M I

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DPTO. DE CIENCIAS TÉRMICAS

PROGRAMA	<b>CENTRALES TERMOELÉCTRICAS</b>
CÓDIGO	IMC302
PERÍODO	DÉCIMO
PRELACIONES	IMC203 –IMC204
HORAS TEÓRICAS SEMANALES	3
HORAS PRÁCTICAS SEMANALES	1
UNIDADES	3

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO:

**TEMA I:** Generalidades. Sistemas de generación de potencia. Plantas de vapor. Generadores de turbinas de gas. Generadores Diesel.

**TEMA II:** Generadores de vapor. Generalidades (tipos de calderas). Circulación, Tambores, Sobrecalentadores, Desobrecalentadores, Recalentadores, Economizadores, Precalentadores de aire.

**TEMA III:** Calderas de alta presión. Calderas Leoffler, La mont, Schhidt Hartuian, Benson, Monotubulares y Velox, Ciclo Binario.

**TEMA IV:** Sistema de combustión. Balance energético de la caldera. Combustión de gas y petróleo. Quemadores. Hogares. Sistema de tiro

**TEMA V:** Intercambiadores de Calor. Generalidades. Condensadores. Calentadores de agua. Evaporadores. Acumuladores de vapor. Torres de enfriamiento. Pozos de atomización.

**TEMA VI:** Accesorios. Accesorios de la caldera, Trampas, Bombas, Controles.

**TEMA VII:** Economía de la Generación de potencia. Diagramas de carga. Selección de las unidades de generación. Curvas características de funcionamiento de la central. Carga de las unidades de generación. Costo incremental. Costos.

**TEMA VIII:** Pruebas de eficiencia. Operación y mantenimiento.

# P E N S U M O

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA  
DPTO. DE CIENCIAS TÉRMICAS

PROGRAMA	<b>INSTRUMENTACIÓN</b>
CÓDIGO	IMC303
PERÍODO	DÉCIMO
PRELACIONES	IMC202 –IMC206
HORAS TEÓRICAS SEMANALES	3
HORAS PRÁCTICAS SEMANALES	1
UNIDADES	3

## CONTENIDO PROGRAMÁTICO:

**TEMA I:** Introducción a la Instrumentación: Definición. Importancia. Campo de aplicación. Instrumentos de medición y control. Clasificación de los instrumentos de acuerdo a su función.

**TEMA II:** Características estáticas y dinámicas de los instrumentos. Definiciones: Rango y amplitud. Características estáticas: exactitud. Reproducibilidad. Sensibilidad. Desvío. Zona muerta. Estudio dinámico de un instrumento: Instrumentos de primer y de segundo orden - Características dinámicas: Fidelidad. Velocidad de respuesta. Error dinámico. Retardo

**TEMA III:** Estudio funcional de un instrumento de medición. Definición de medición. Errores que se cometen al efectuar una medición. Teoría de errores de Gauss. Elementos de entrada y de salida en un instrumento de medición. Instrumentos de medición a circuito abierto y a circuito cerrado. Operaciones funcionales de un instrumento de medición.

**TEMA IV:** Medición de presión. Generalidades sobre presión: Definición. Referencias. Unidades y Equivalencias. Formas de presión en un fluido en movimiento. Elementos sensores de presión: Bourdon en C, Bourdon en Hélice, Bourdon en espiral, fuelle, diafragma y cápsula. Manómetros de columna de líquido: De tubo en U, de vaso alargado de pozo, de tubo inclinado, de anillo balanceado y de campana invertida. Manómetros mecánicos: De resorte, de fuelle y de diafragma. Medición de presión absoluta. Medidores de presión absoluta. De fuelle, de ionización, de Pirani y de McLeod. Medición de presión en fluidos corrosivos: Sello de diafragma o fuelle y sistema de purga.

**TEMA V:** Medición de temperatura. Generalidades sobre temperatura: Escala y equivalencias. Termómetros de expansión: De mercurios en vidrio. Bimetálico - De resorte a presión (Actuado por líquido, por gas o por vapor). Fuentes de error en los termómetros de resorte a presión y métodos de compensación. Termómetros de resistencia: Relación entre la resistencia eléctrica y la temperatura. Ecuación de Callendar. Características estáticas. Circuitos de medición de resistencia eléctrica: Puente de Wheatstone De Callendar - Griffith - De doble guía y capacitivo. Termo electricidad: El termopar. Descubrimiento Seebeck. Efectos Peltier y Thomson. Relación entre la f.e.m. y la temperatura en un termopar, Leyes de los circuitos termoeléctricos. Tipos de termopares y cables transmisores (Nomenclatura según la ISA). Pozos térmicos: características. Respuesta de termopares. Uso de tablas. El milivoltímetro. El potenciómetro de balance nulo: Descripción y estandarización. Pírometría: El pirómetro óptico. El pirómetro de radiación. El pirómetro fotoeléctrico.

**TEMA VI:** Medición de nivel. Generalidades sobre medición de nivel: métodos directos y métodos indirectos. Medición directa de nivel: Medidores de vidrio, de

**Firma y sello de Escuela**

# P E N S U M O

flotante, de flotante de rotación y desalojadores. Medición indirecta de nivel: tanques abiertos: Método de burbujeo, método del diafragma. Tanques cerrados: Método de la presión diferencial

**TEMA VII:** Medición de flujo. Generalidades sobre flujo: Flujo laminar y turbulento (número de Reynolds). Medidores de presión; diferencial: Fórmula general (fluidos compresibles e incompresibles). Orificios de medición: Instalación, tomas de presión, uso de tablas. El tubo venturi: Fórmula y uso de tablas. La tobera de flujo y la tobera venturi. El tubo de Pitot; Instalación y cálculo de flujo mediante el método de integración aproximada. Medidores de área: El rotámetro y el medidor de cilindro y pistón. Medidores de velocidad: La turbina. Medidores magnéticos.

**TEMA VIII:** Sistemas de telemedición. Introducción. Clasificación. Estudio funcional de la telemedición: Elementos. El transmisor. Telemedición neumática: Rangos usuales y limitaciones. Sistema tobera obturador. Telemedición eléctrica; Por voltaje. Por corriente. Por posición. Por frecuencia y por impulso.

**TEMA IX:** El controlador. Definición y clasificación. El controlador neumático: De balance de momentos y de balance de fuerzas. El controlador eléctrico: Descripción. Acciones de control: De dos posiciones: Aplicaciones y limitaciones. Proporcional: Definición. Concepto de banda proporcional. Estudio gráfico (en circuito abierto). Desvío o desajuste. Aplicaciones y limitaciones. Control integral: Definición. Estudio gráfico (en circuito abierto). Aplicaciones y limitaciones. Control derivativo: Definición. Estudio gráfico (en circuito abierto). Aplicaciones y limitaciones. Combinación de acciones de control: Proporcional más integral. Más derivativa. Definición de tiempo de acción integral y tiempo de acción derivativa.

**TEMA X:** La válvula de control. Definición. Clasificación según la energía auxiliar suministrada. Descripción general de la válvula de control neumática: Parte matriz y cuerpo. Clasificación según su acción. Según su número de asientos y según su tapón. Fuerzas que influyen en el funcionamiento de una válvula de control. El posicionador: Principio de operación. Alineamiento de una válvula usando el posicionador. Características de flujo de una válvula de control. Selección del tamaño de una válvula de control: Fórmulas generales y uso de tablas.

**TEMA X:** Símbolos y diagramas de la Instrumentación. Nomenclatura según la ISA. Representación de instrumentos simples y compuestos. Ejemplos de aplicación.